JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	創造的音楽表現を可能とする音楽演奏支援手法の検討：音機能固定マッピング楽器の提案(<特集>次世代ヒューマンインタフェース・インタラクション)
Author(s)	西本，一志；渡邊，洋；馬田，一郎；間瀬，健二；中津，良平
Citation	情報処理学会論文誌，39(5)：1556-1567
Issue Date	1998-05-15
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/4559
Rights	社団法人　情報処理学会，西本 一志,渡邊 洋,馬田 一郎,間瀬 健二,中津 良平，情報処理学会論文誌，39(5)，1998，1556-1567．　ここに掲載した著作物の利用に関する注意：本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

創造的音楽表現を可能とする音楽演奏支援手法の検討 ——音機能固定マッピング楽器の提案

西本一志[†] 渡邊洋[††,☆] 馬田一郎[†††]
間瀬健二[†] 中津良平[†]

音楽との能動的な接し方の特徴は，自分なりの音楽表現という創造性の発揮にある．しかし現実には音楽理論や楽器操作技術の困難により，多くの人は能動的な音楽との接触を諦めている．筆者らは，これらの困難を計算機で支援することにより，だれでも容易に創造的音楽表現に取り組める楽器の実現を目指している．本論文では，そのための一手段として，音機能固定マッピング手法を提案する．従来の楽器は音高を演奏インタフェース上の固定ポジションにマッピングする音高固定マッピング型の楽器であった．しかし，音には音高以外の属性があり，その1つとして，音楽的環境に応じて個々の音が人に様々な情動的作用を与える，機能という属性がある．音機能固定マッピングとは，常時一定の演奏ポジションに一定の機能を持つ音をマッピングする手法である．ある音の機能の判定には音楽理論に基づく解析が必要であるが，この手法によれば，演奏者は必要な機能を持つ音を理論的解析を行うことなく直接取り出せ，さらにそれらを自由に組み合わせることにより，容易に自分なりの創造的音楽表現を実現できるようになる．本論文では，特に音の機能の考え方が重要となるジャズの即興演奏を対象として作成した試作器と，それを用いた被験者実験について説明し，本手法の可能性について検討する．

A Supporting Method for Creative Music Performance —Proposal of Musical Instrument with Fixed Mapping of Note-functions

KAZUSHI NISHIMOTO,[†] HIROSHI WATANABE,[††,☆] ICHIROH UMATA,[†††]
KENJI MASE[†] and RYOHEI NAKATSU[†]

Many people cannot help but give up to play music because of difficulty of a musical theory or a manipulation of a musical instrument. The authors aim to develop a musical instrument with which anyone can enjoy creating of music with the support of a computer. In this paper, we propose a concept called the "fixed mapping of note-functions". With an ordinary musical instrument, a specific pitch is always mapped on a specific position of the instrument; this is a "fixed mapping of pitch" instrument. However, a note has other attributes. A note-function, i.e., the emotional effect of a note depending on the temporal musical situation, is one of them. The mapping of a specific note-function on a specific position is the basis of the "fixed mapping of note-functions" concept. In order to determine the note-function, a theoretical analysis is usually necessary. Using the proposed method, however, it becomes possible to directly extract notes with the required functions without any theoretical considerations and to exhibit creativity by combining the notes. In this paper, we show a prototype of an instrument for improvisational jazz, provide several subjective experimental results and dsicuss the possibilities of the method.

† 株式会社ATR知能映像通信研究所
ATR Media Integration & Communications Research Laboratories
†† 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
☆ 現在，通産省工業技術院大阪工業技術研究所
Presently with Osaka National Research Institute, Agency of Industrial Science and Technology (AIST), Ministry of International Trade and Industry (MITI)
††† 神戸大学大学院文化学研究科
Division of Humanities and Social Sciences, Kobe University

1. はじめに

音楽は，様々な芸術的表現形態の中でも特に人々に親しまれている表現形態の1つである．音楽との接し方には，受動的な接し方と，能動的な接し方の2通りがある．受動的な接し方とは，いわゆる音楽観賞であり，音楽好きな人ならだれでも気軽に行うことができる．能動的な接し方とは，なんらかの楽器を手にしての音楽演奏や，さらには自分で新たな楽曲を創作する作曲などを指す．

能動的な接し方と受動的なそれとの大きな違いの1つは，創造性を発揮する余地の有無にあるといえよう．能動的な接し方では，音楽演奏にしろ，作曲にしろ，自分の内にあるなんらかの思いを音楽として表現することを目標としていることが多い．表面的には「何か楽器が演奏できたらいいな」という単純な動機であったとしても，そこに自分なりの音楽表現をしたいという思いがあれば，それは創造性の発揮につながる．

この目標に到達するためには，いくつかの関門を乗り越えねばならない．音楽演奏を目標とする場合，第1の関門は，たとえば楽譜の各種記号の読み方などに始まる音楽理論の習得である．第2の関門は，なんらかの楽器についての操作技術の習得である．これらを克服してようやく音楽による創造的な自己表現が可能となるのだが，一般にこれらの克服は容易ではなく，その習得には非常に長い時間にわたる努力を要する．このような困難の存在が，人々に能動的な音楽との接触を諦めさせる要因となっている．

一方，近年音楽情報処理の研究がさかんになっており，その中で音楽演奏支援の研究も進められている．しかし，それらのほとんどは自動伴奏システムであり[1)~3)]，演奏者の演奏そのものを直接に支援しようとする研究例は少ない．鍵盤に発光ダイオードを装備して演奏すべき鍵を指示するような支援を行う楽器はいくつか存在するが，これらは初心者が演奏気分を味わうことができるようにするレベルの支援にとどまっており，それらを創造的な自己表現に用いることは考慮されていない．

そこで筆者らは，だれでも容易に創造的自己表現に取り組むことができるような楽器の実現を目指している．理想的には音楽の理論的困難と，楽器操作技術の困難を計算機に支援させればよい．ただしここで注意が必要なのは，支援ではなくそれらすべてを肩代りするシステムを作ることは，可能ではあるが良策ではないということである．そのような考え方のシステムは，究極的にはボタンを一度押しさえすれば完璧な演奏が流れ出るシステムに行きつく．これは現在のCDプレーヤーなどとなんら変わりがなく，人が創造性を発揮する余地がない．つまり，このような支援システムの設計にあたっては，創造性の発揮の余地をどの部分にどのように残すかを十分考慮しなければならない．これは音楽に限らず，芸術的創造活動を支援する場合に一般的にあてはまるが，筆者らの知る限り，従来この点についての具体的な指針は提示されていない．

筆者らはこの点について次のように考える．創造的活動を支援するためのシステムないしツールは，対象とする創造活動の理論的側面や道具ないし制作物の部品操作に関して，人が考え操作しなければならない領域を残す必要がある．しかもそのシステムないしツールのユーザインタフェースは，少なくともある1つの側面からその領域の構造を人に明確に提示し，かつその領域内の要素を人が意図的に自由に取り出して操作できるようにするものであることが必要である．

本論文では上記の考えに基づき，創造性を発揮できる音楽演奏支援手法の1つの解として，音機能固定マッピングの考え方を提案する．これは，音楽創造のための部品である個々の「音」を，その音楽的機能を容易に把握でき，かつ容易に取り出し操作できる形で演奏者に提供する手法である．演奏者は，音の音楽的機能の判断と検索の過程に対する支援を受けつつ，個々の音をそれらの機能に基づき自由かつ意図的に組み合わせていくことによって，自分なりの音楽的創造性を発揮することができる．さらに本論文では，この手法を用いて，特にビ・バップと呼ばれる形式のジャズを演奏対象として作成した試作器と，それを用いた演奏実験について述べる．以下2章では，音機能固定マッピングの考え方ついて説明する．3章では，ジャズにおける音の機能の求め方について説明する．4章では，試作器の実装について説明する．5章では，試作器を用いての演奏実験を示し，従来例と比較しながら実験結果に基づき考察を加える．6章はまとめである．

2. 音機能固定マッピング

2.1 音の機能

まず音の機能とは何かを一般的に定義する．音の機能とは，なんらかの音楽的環境 E_i のもとで，ある音 s_j が人に特定の情動的影響を与える作用のこととする．したがって，ある音楽的環境 E_1 のもとでは，異なる2つの音 s_1 と s_2 は通常異なる機能を持つ．逆に，ある音 s_1 が持つ機能は，異なる2つの音楽的環境 E_1 と E_2 では通常異なったものとなる．なお，s_1 と s_2，あるいは E_1 と E_2 とを異なった音ないし音楽的環境とする要因としては，音色など様々な音楽的属性が考えられる．しかし，本研究では楽器の種類などに依存しない支援手段の実現を目指しているので，ここでは可変な音楽的属性は音高（pitch）のみとし，その他の属性については考慮しない．したがって，この制約を加味して上記の定義を言い換えれば，音の機能とは，なんらかの音高の音（単音ないし和音）が鳴っている環境 E_i のもとで，ある音高の音 s_j が人に特定の情動的影響を与える作用のことである．

たとえば，ある1つの音高の音が定常的に鳴ってい

表1 音の協和に基づく機能分類例
Table 1 A sample classification of notes based on consonance.

完全協和	完全1度，完全4度，完全5度
不完全協和	短3度，長3度，短6度，長6度
不協和	短2度，長2度，増4度，短7度，長7度

るような音楽的環境において，この音と完全1度，短2度，長2度，…，長7度などの，1オクターブ中にある12種類の音程のいずれかの音を鳴らすと，それらは個々に独自の印象を与える．この独自の印象が，それらの個々の音がこの音楽的環境において持つ機能である．その印象は様々な側面から分類可能であるが，音の協和・不協和という機能に注目すれば，**表1**に示すように分類することができる[4]．つまり，完全協和に分類される音は最も安定した印象を人に与える機能を持ち，逆に不協和に分類される音は最も不安定な印象を人に与える機能を持つ．

2.2 音の機能に基づく演奏インタフェースへの音のマッピング

従来のメロディ楽器では，演奏インタフェース上のある1つの演奏ポジションには，つねにある一定の音高の音が固定的に割り当てられている．したがって，ある望む音高の音を演奏したい場合には，その音高の音が割り当てられている演奏ポジションを演奏すればよい．つまり，従来の楽器は「音高固定マッピング」型の楽器であったといえる．

一方，2.1節で述べたように，個々の音には音高の他に，音の機能という属性がある．そこで，演奏インタフェース上のある1つの演奏ポジションに，つねにある一定の機能を持つ音を固定的に割り当てるマッピング手法を提案する．これを，「音機能固定マッピング」と呼ぶことにする．また，この手法を用いた楽器を「音機能固定楽器」と呼ぶ．

2.1節で示した，音の協和・不協和という機能に基づく，非常に単純化した音機能固定楽器の実現例を**図1**に示す．この例では，“完全協和”と記されたポジションを演奏すると，その演奏時点での音楽的環境に応じた完全協和音のどれか1つがランダムに出力されるものとする．他のポジションについても同様である．今，音楽的環境としてCの音が定常的に鳴っているとすれば，“完全協和”ポジションを演奏することによって，Cに対して完全5度音程にあるGなどが音として出力される．しかし，この後，音楽的環境の定常音がAに変化したとすると，GはAから見て短7度音程にあるため“不協和”ポジションに移動し，完全協和ポジションにはAに対して完全5度音程にあるEなど

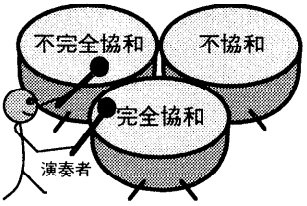


図1 音の協和・不協和に基づく音機能固定楽器の実現例
Fig. 1 A sample of fixed-note-function type musical instrument based on consonance or dissonance function of notes.

が移動してくる．

このように，音機能固定楽器では，同じ演奏ポジションを演奏し続けても，音楽的環境の変化にともなって出力される音の音高は変化する．しかし音楽的環境が変化しても，あるポジションから出力される音の機能は変化しない．

なお，本論文では絶対音高による音名はC，Dなどのアルファベット表記で示すものとする．ただしオクターブの差は表記しない．一方，主音に対する相対音高による音名は，I，IIなどのローマ数字によって表記する．ここで，主音とは調の基礎となる音である．たとえば，ホ長調の場合にはEの音が主音である．ある1つの楽曲の中でも，転調があれば主音は変化する．また，絶対音高・相対音高いずれの表記についても，*C* や *II* のように斜体で示す場合は，CやIIを根音とするコード（和音）を指すものとする．ここで，根音とはあるスケール（音階）ないしコードの基本形における一番低い音のことである．

3. ジャズのための音機能固定楽器

音楽的環境や，ある音楽的環境のもとでのある音の持つ機能は，時代や音楽の種類によって異なり，必ずしも一定ではない．そこで本研究では，1940年代中期に始まったビ・バップと呼ばれる形式のジャズを具体的事例として取り上げ，より実用的な音機能固定楽器を実現する方法について述べる．なお，以下ではジャズとはビ・バップ形式のジャズを指すものとする．

図2にジャズ演奏で一般的に使用する楽譜の例を示す．ジャズの楽譜は通常いわゆる1段譜であり，楽曲のテーマ旋律と楽曲の各部におけるコード名とが記述されている．本論文では，このような楽曲各部におけるコードと楽曲の進行にともなうコード進行のみを，その楽曲の音楽的環境とする．したがって，以下では「コード」ないし「コード進行」という表現によって「音楽的環境」に代える．実際の演奏においては，他の演奏者の演奏内容や聴衆の反応など，きわめて広範

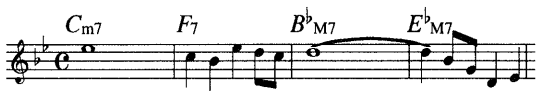


図2 ジャズで使用する楽譜の例
Fig. 2 A sample of a score used in jazz.

な要因を含めた音楽的環境を考慮しなければならないが，それらの他要因については本論文の対象外とする．

3.1 ジャズにおける音の機能理解の必要性

クラシックなどの音楽では通常，演奏すべき音高があらかじめすべて決定され，それが楽譜として与えられているため，音の機能について演奏中に意識する必要が生じることはあまりない．しかし，ジャズの演奏で重要な位置を占める即興演奏では，あらかじめ演奏すべき旋律が与えられておらず，演奏者はその場その場でどのような旋律を演奏するかを決定しながら演奏を進めていかねばならない．その際，旋律を構成する音にどのような音を使うかは，通常ランダムに決定されるわけではない．演奏者はその楽曲の各時点におけるコードとコード進行を常時念頭に置き，理論的知識を駆使して各時点での各音の機能を把握し，必要な機能の音を組み合わせて使用することによって，演奏者が求める効果を持つ旋律を構成していくのである．このため，ジャズでは音の機能を考慮することがとりわけ重要となる．

3.2 ジャズ理論に基づく音の機能の決定

本節では，ジャズ理論に基づきどのようにして楽曲の各時点における各音の機能を求めるかを説明する．処理の概略の流れは以下のとおりである．まず楽曲の各部の調性（主音と，短調か長調かの区別）を決定し，各コードを主音に対する相対音高表記で記述し直す．次に，相対音高表記でのコードに対して使用可能な音階（このような音階をアヴェイラブル・ノート・スケールと呼ぶ）に関するジャズの理論知識に基づき，楽曲の各時点におけるアヴェイラブル・ノート・スケールを決定する．最後に，アヴェイラブル・ノート・スケールの根音からの音程によって，各時点における各音の機能が決定される．

以下では，上記3つの処理段階のそれぞれについて，図2に示す楽譜例を用いて簡略に説明する．ジャズ理論の詳細を説明することは本論文の主旨から外れるので，これについては文献5)などにゆずり，ここでの説明はごく基本的な場合にとどめる．

3.2.1 楽曲各部の調性の決定

まず楽曲全体を走査して，ドミナント7th（属7）のコードを探し出す．見つかったドミナント7thのコードを，V_7 のコードと仮定する．これは，そのコードの根音の完全5度下の音が，そのドミナント7thのコードのある箇所周辺の主音（Iの音）であると仮定することに等しい．次いで，仮定した主音に対する相対音高表記で各ドミナント7thのコード近傍のコードを書き直し，コードパターンをあてはめる．コードパターンとは，多くの曲で頻繁に現れるいくつかの典型的なコード進行の型である．あてはまるコードパターンが見つかれば，そのパターンがあてはまる範囲について，仮定した主音が正しいものと見なす．また，主音を根音とするコード（I のコード）が長調であるか短調であるかによって，その範囲が長調であるか短調であるかが確定できる．以上を見つかったすべてのドミナント7thのコードについて行う．コードパターンにあてはまらなかった残りの箇所については，その箇所の前後のコードと比較して一般的和声進行理論をあてはめ（たとえば属和音から下属和音への進行はあまり見られない，など），より妥当な進行になる方に組み込んでいくことにより，その部分の調性を確定していく．以上のようにして，楽曲全体について解析を行い，楽曲各部の調性を決定し，個々のコードをその箇所の主音に対する相対音高表記で記述し直す．

図2の例では，F_7 がドミナント7thであるので，これを V_7 のコードと見なす．したがって，主音はFより完全5度下のB♭であると仮定される．ここで，$C_{m7} \rightarrow F_7 \rightarrow B\flat_{M7}$ の部分にツー・ファイブ・ワンと呼ばれる $II_{m7} \rightarrow V_7 \rightarrow I_{M7}$ のコードパターンがあてはまり，I のコードが長調のコードなのでこの3小節の調性が変ロ長調であると確定される．残る4小節目については，本来は5小節目以降のコード進行を考慮しなければ調性を確定できないが，3小節目の主和音である $B\flat_{M7}$ から見れば $E\flat_{M7}$ は下属和音であり，主和音から下属和音への進行は一般的であるので，ここでは変ロ長調のままであるとみてよい．この結果4小節目のコードは IV_{M7} となる．

3.2.2 アヴェイラブル・ノート・スケールの決定

ジャズ理論では，経験的に各コード（相対音高表記）におけるアヴェイラブル・ノート・スケールが規定されている．コードとアヴェイラブル・ノート・スケールの基本的な対応関係の一部を**表2**に示す．表2には，各スケールがどのような音で構成されているかもあわせて示す．スケールの構成音は根音からの音程で示す．ただし，pは完全音程，Mは長音程，mは短音程，aは増音程，dは減音程を示す．たとえば，M3は長3度，d5は減5度である．また，カッコつきの音はアヴォイド音（3.2.3項参照）である．このような対

表2 コードとアヴェイラブル・ノート・スケールの対応
Table 2 Correspondence between chords and available note scales.

コード	スケール名	スケール構成音
I_{M7}	ionian	p1, M2, M3, (p4), p5, M6, M7
II_{m7}	dorian	p1, M2, m3, p4, p5, (M6), m7
III_{m7}	phrygian	p1, (m2), m3, p4, p5, m6, m7
IV_{M7}	lydian	p1, M2, M3, a4, p5, M6, M7
V_7	mixolydian	p1, M2, M3, (p4), p5, M6, m7
VI_{m7}	aeolian	p1, M2, m3, p4, p5, (m6), m7
VII^{-5}_{m7}	locrian	p1, (m2), m3, p4, d5, m6, m7

応関係と3.2.1項で得た結果とを照合することによって，楽曲各部でどのスケールが使用可能かが決まる．スケールの根音は，各箇所の絶対音高表記でのコードの根音となる．

図2の場合，アヴェイラブル・ノート・スケールは，順にC dorian，F mixolydian，B♭ ionian，E♭ lydianと決定される．

3.2.3 音の機能の決定

まず，コードおよびスケールを構成する個々の構成音の名称を定義しておく．すなわち，あるコードないしスケール中のある構成音が，そのコードおよびスケールの根音から数えて何度の音にあたるか（長・短や増・減を問わない）の度数を用いてその音の名称とする．たとえば，根音がDの場合，Fは第3音である．ただし，第2音，第4音，第6音については，ジャズでは慣習的にオクターブ上の音程で扱うため，本論文でもこれにならってそれぞれ第9音，第11音，第13音と呼ぶ．**表3**に各カテゴリーに分類されうる音程を示す．ただし，1つのカテゴリに同時に2つ以上の音が含まれることはないものとする．

3.2.1項でアヴェイラブル・ノート・スケールが得られた段階で，楽曲各部においてどの機能にどの音高の音が属するかが決定できるようになる．1オクターブ中の12の音は大まかに以下の4つに分類される．

コード音 コードを構成する音．一般に，第1音，第3音，第5音，第7音．これらの音は，楽曲の各時点においてコードが作り出す色彩感を強く表現する機能を持つ．

テンション音 スケールを構成する音であるが，アヴォイド音でもコードを構成する音でもない音．これはコードの構成音から外れており，浮遊感と緊張感を生み出す機能を持つ．

アウト音 アヴェイラブル・ノート・スケールに含まれない音．テンション音よりもさらに強い浮遊感と緊張感を生み出す機能を持つ．

アヴォイド音 アヴェイラブル・ノート・スケール中でアヴォイド音に指定されている音．この音を演奏すると，その時点でのコードが別のコードに変化したかのような印象を与える機能を持つ．

表3 コードないしスケール内の音の名称と対応する根音からの音程
Table 3 Correspondence between note name in a chord or a scale and actual interval of the note from the root note.

カテゴリ	音程
第1音（根音）	完全1度
第9（2）音	短2度，長2度
第3音	短3度，長3度
第11（4）音	完全4度，増4度
第5音	減5度，完全5度，増5度
第13（6）音	短6度，長6度
第7音	減7度，短7度，長7度

さらに，上記のある同じ機能に分類される音も，その共通の機能に加えて個々の音固有の機能をあわせ持つ．特徴的な例としては，第3音はコードの調性感を決定するのに特に重要で，最もコード固有の色彩感を表現する機能を持つ．たとえばC（構成音はC，E，G）とC_m（構成音はC，E♭,G）では第1音，第5音が共通であり，第3音が演奏されて初めていずれのコードであるか（すなわち長調か短調か）が確定される．第7音も第3音とは別の意味で重要な機能を持つ．たとえば，C_{M7}（構成音はC，E，G，B）とC_7とは第7音以外はすべて構成音が共通である．しかしこの2つのコードは，前者が終止感を強く表現するのに対し，後者は完全5度下のF_{M7}に解決しようとする不安定感を表現する機能を持つ．したがって，第7音もコード固有の色彩感を第3音とは別の意味で強く表現する．この他，テンション音やアウト音が持つ緊張感や浮遊感，色彩感も，個々の音それぞれに異なる．このように，12種類の音は楽曲中でコード進行に応じてつねに独自の機能を持ち，それらの機能は以上で示した解析と分類によって決定することができる．

図2の場合，たとえば第三音の機能は1小節目ではE♭に，2小節目ではAに，3小節目ではDに，4小節目ではGに，それぞれあることが分かる．

3.3 演奏インタフェースへの音のマッピング

なんらかの演奏インタフェース上に12種類の機能をそれぞれに割り当てた演奏ポジションを設定し，以上で求めた楽曲の各時点における各音の機能に基づき，楽曲が進行してもある一定のポジションには常時一定の機能を持つ音を配置するようにすれば，ジャズ理論を基礎とした音機能固定楽器が実現できる．この楽器によって，たとえば第3音，第7音のポジションを効果的に使うことでコードの色を強く表現し，テンショ

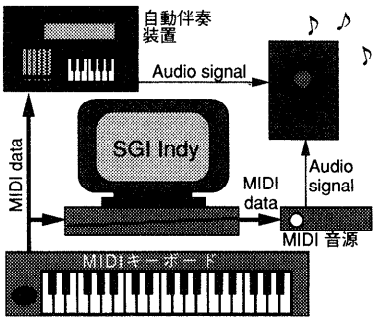


図3 試作器による演奏環境の全体構成
Fig. 3 The total system structure with the prototype instrument.

ン音ポジションやアウト音ポジションを効果的に使用することで浮遊感と緊張感を出すことができる．

従来の音高固定楽器では，コード進行にともなって音の機能が演奏インタフェース上を浮動していたため，必要な機能の音にアクセスすることが非常に困難であった．しかし，音機能固定楽器では，必要な機能の音がどこにあるかを随時簡単に把握できるので，必要な機能の音に随時自由にアクセス可能となる．この結果，音楽理論に基づく解析や楽器操作技術にかかわる認知的な負荷が大幅に軽減され，しかも意図的に必要な機能の音を組み合わせることによる創造的自己表現が可能となる．

4. 試作楽器の構成

4.1 概　　要

図3に試作した音機能固定マッピング型楽器を使用した演奏環境の全体構成を示す．専用の演奏インタフェースの開発に先だって，今回は既存の楽器であるMIDI（Musical Instrument Digital Interface）キーボードを流用して試作した．本試作器では，使用頻度が高いコード音とテンション音についてのみできるだけ音機能が固定に配置されるようにした．音機能固定マッピングのための処理は，SGI Indy ワークステーションによって行う．MIDI音源は，Indyで処理された結果のデータを受け取り，実際の音として出力する．なお，伴奏にはKORG社のi1キーボードが内蔵している自動伴奏機能（Backing Sequence 機能）を使用した．自動伴奏の開始，終了および演奏のテンポは，MIDIキーボードからのMIDIリアルタイムメッセージによって制御される．

4.2 処理ソフトの詳細

4.2.1 モジュール構成

音機能固定マッピング処理のためのソフトウェアモジュール構成を図4に示す．試作器は楽曲データベース，自動解析モジュール，楽曲進行に同期した演奏インタフェースへの音高の割当て処理を行うマッピングモジュールで構成される．

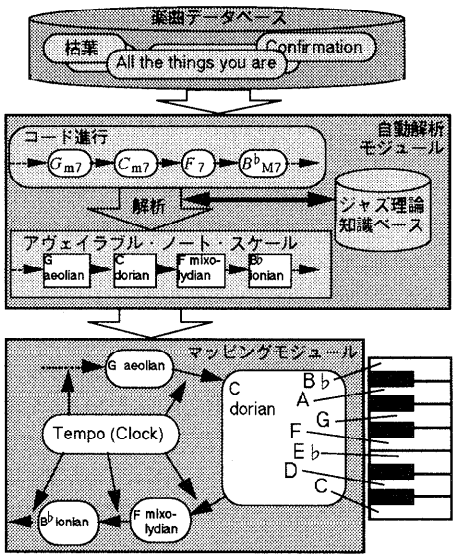


図4 試作器のソフトウェアモジュール構成
Fig. 4 Software module structure of the prototype instrument.

4.2.2 楽曲データベース

楽曲データベースには，楽曲データが登録されている．楽曲データは，楽曲の各時点におけるコード名とそのコードの持続時間（拍数）のリストであり，“(コード名，拍数)”の形式で羅列する．図2の例の場合，楽曲データは以下のように記述される．

```
(Cm7,4)(Fd7,4)(B-M7,4)(E-M7,4)
```

ここに，Fd7は F dominant 7th のコード（つまり F_7）であることを示している．また，B-はBbであることを示す．同様に+は♯を示す．

4.2.3 自動解析モジュール

演奏に先立ち，演奏者は演奏したい楽曲の楽曲データを楽曲データベースより取り出し，自動解析モジュールに入力する．自動解析モジュールでは，この楽曲データを3.2節で示した方法に基づき，ジャズ理論知識ベースを参照して解析し，楽曲の各部における各音の機能を決定する．なお，ジャズ理論知識ベースには現在，ツー・ファイブ・ワンなどの数種類の基本的なコードパターンと，表2に示したような相対表記コードとアヴェイラブル・ノート・スケールの基本的な対応関係が記述されている．

この解析は基本的に自動的に行われる．ただし，現実の楽曲には例外的なコード進行が出現することがある．この場合コードパターンのあてはめがうまくいか

ず，現在の比較的小規模なジャズ理論知識ベースと単純な解析プログラムでは，解析を行えず処理が中断することがある．今のところ，このような場合には，部分的に人手による解析を行って処理能力の不足を補っているが，今後ジャズ理論知識ベースに，比較的稀な例も含めてより多種のコードパターンを追加し，さらに代理コード知識などを充実させることによる自動化レベルの向上を図る予定である．また，ジャズでは演奏の深みを増すことを目的として，リハーモナイズと呼ばれる，楽曲の基本の単純なコード進行をより複雑なコード進行に変換することがよく行われる．後藤ら[6]は，演繹オブジェクト指向データベースを用いて自動的にリハーモナイズを行うシステムを提案している．そこで，このようなリハーモナイズに関する知識を応用して複雑なコード進行を逆に単純化して解析すれば，さらに解析の自動化レベルを向上させることができるであろう．

解析結果は，アヴェイラブル・ノート・スケールとその持続時間（拍数）のリスト（スケールデータ）であり，“(根音，スケール名，拍数)”の形式で羅列する．図2の例の場合，このスケールデータは以下のように記述される．

```
(C,dorian,4)(F,mixolydian,4)(B-,ionian,4)
(E-,lydian,4)
```

ここに，B-は楽曲データの場合と同様，B♭であることを示す．なお，必要ならば，完全に人手で解析した結果を上記形式で記述して与えることも可能である．

4.2.4 マッピングモジュール

MIDIキーボードには，1オクターブあたり7つの白鍵と5つの黒鍵がある．試作器では，これらの鍵（演奏ポジション）に対し，以下のように音機能を割り当てる．

白鍵に対しては，以下のように音機能を割り当てる．

ドの鍵 コード音である第1音
レの鍵 通常テンション音である第9音
ミの鍵 コード音である第3音
ファの鍵 通常テンション音である第11音
ソの鍵 コード音である第5音
ラの鍵 通常テンション音である第13音
シの鍵 コード音である第7音

この結果，楽曲中のどの時点においても，白鍵をドレミファソラシと順に弾けば，基本的にその時点におけるアヴェイラブル・ノート・スケールが根音から順に出力されることになる☆．なお，アヴォイド音は，スケールによってレ，ファ，ラのいずれかのポジションに出現することになるが，現在の試作器では，これを演奏者に通知する手段は備えていない．しかし，各スケールでどの音がアヴォイド音かは既知であるので，これについては鍵盤に発光ダイオードを装備するなどの手段により，容易に解決可能である．

黒鍵は原則としてアウト音の機能ポジションとする．ただし，アウト音の中でのさらに細かい機能分類は考慮していない．実際の音の割当ては，右隣の白鍵に割り当てられた音より短2度音程低い音を割り当てている．したがって，黒鍵には多くの場合アウト音が割り当てられるが，スケールの音の構成によっては，左隣の白鍵と同じ音が割り当てられる可能性がある．この場合その黒鍵は，アウト音の機能ポジションでありながらコード音やテンション音の機能を持つ音がマッピングされることになる．これは音高固定楽器を演奏インタフェースに流用していることによる限界である．もちろん12の音に対して12の演奏ポジションが存在するのだから，すべての音をこの演奏インタフェース上に割り当てることは不可能ではない．しかし，たとえばlocrianのスケールの場合，第1音と第9音の音程差が短1度しかないため，その間には音が存在しない．したがって，この場合嬰ドの黒鍵には音程的に第1音と第9音の間にない音がマッピングされることになる．これは，鍵盤楽器のインタフェースが演奏者に与える直観的な音の配置と著しく矛盾し，演奏を困難なものとする危険性が高いと思われる．この判断により，アウト音については忠実に音機能固定型のマッピングを行わず，ここに示す手段をとることにした．したがって，本試作器においては，黒鍵にはアウト音の機能よりは，むしろ装飾音の機能が与えられたと見なす方が適切であろう．

以上のようにして，マッピングモジュールは自動解析モジュールから受け取ったスケールデータを用いて，MIDIのタイミング・クロックによって楽曲の進行に同期しながら，各演奏ポジションに対しそのポジションに割り当てられた機能を持つ音を割り当てる．演奏者があるポジションを演奏したことがMIDI経由で伝えられると，マッピングモジュールはそのポジションにその時点で割り当てられている音高情報をMIDI音源に対し通知する．

☆ なお，ジャズで用いられるスケールには表2で示した比較的単純なものの他に，たとえばcombination diminishedやaltered dominant 7thなどの，変則的な音の構成を持つスケールも存在する．このような場合，スケール音を単純に白鍵に順番にマッピングすると，ある機能ポジションに，そこにあるべき機能の音が割り当てられない，マッピングの矛盾が生じることがある．これも，黒鍵への割当ての場合と同様に，インタフェースとして音高固定楽器である鍵盤を流用していることによる限界である．

5. 実　　験

5.1 試奏実験と結果

5.1.1 試奏実験1

16人の被験者に対し，ジャズのスタンダード曲である「枯葉」の即興演奏を行ってもらった．被験者の音楽経験や知識の保有の程度は，ジャズの音楽理論もまったく知らないし楽器も弾けない者6人，ジャズの音楽理論はあまり知らないが楽器はある程度弾ける者9人，ジャズを真剣に勉強している者1人である．ただし，キーボードでジャズを演奏できるという者はいなかった．

実験では，各被験者について音高固定でのキーボードを使用して2コーラス，音機能固定の試作器を用いて2コーラスの，合計4コーラスを演奏してもらった．音高固定と音機能固定のいずれを先に使用するかは被験者によってランダムに変え，被験者の半数が音高固定を先に，残り半数が音機能固定を先に演奏するようにした．実験に先立ち，それぞれの楽器の特徴について説明した．次いで，実験に使用する伴奏の上で枯葉のテーマを演奏した例を1コーラス分聞かせた後，実際の演奏を行わせた．

演奏終了後，それぞれの楽器での演奏について，次の8項目について「非常に悪い」を1点，「非常に良い」を5点とする5段階で主観的に評価してもらった．

1 楽器は扱いやすかったか？
2 自分の演奏の音楽としてのできはどうか？
3 自分の演奏がジャズらしかったと思うか？
4 演奏していて楽しかったか？
5 自分の思いどおりの演奏ができたと思うか？
6 練習したらすぐにうまくなれそうだと思うか？
7 今後も演奏してみたいと思うか？
8 この楽器を使えば他の演奏者と一緒に演奏できそうか？

表4に，音高固定楽器と音機能固定楽器のそれぞれについての評価の平均値と標準偏差，ならびに各設問項目における音高固定楽器と音機能固定楽器の評価の平均値の差のt検定におけるt値を示す．いずれの設問についても，音機能固定楽器の方が評価結果の平均値は高い．その差については，設問1では有意差がないが，設問5では10%水準で有意差があり，残りの設問ではすべて2%水準で有意差が認められた．

表4 試奏実験1における主観評価結果
Table 4 Results of subjective evaluation of the experiment 1.

設問番号	主観評価結果				t値
	音高固定		音機能固定		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
1	2.56	0.81	2.94	1.06	1.14
2	1.75	0.93	2.50	1.03	2.67
3	1.94	1.24	3.06	1.12	3.43
4	2.50	1.21	3.81	0.83	4.39
5	1.94	1.18	2.50	1.10	1.78
6	2.50	1.32	3.81	0.91	3.16
7	3.19	1.22	4.25	0.86	3.17
8	2.25	1.39	3.75	0.77	5.48
自由度					15
両側10%水準のtの臨界値					1.75
両側2%水準のtの臨界値					2.60

5.1.2 試奏実験2

5.1.1項は，初めて音機能固定楽器に触れる被験者についての実験であった．これに対し，本項では筆者の1人である西本が被験者となり，実際にこの試作器をおよそ8カ月間にわたって連続的に使用してみた結果について述べる．被験者の音楽経験はサクソフォンを中心としておよそ22年であり，基本的な音楽理論知識を持っている．ただし，ジャズの経験はまだ3年に満たず，理論的知識の基礎的な部分は習得しているが，その知識を演奏に反映させることは，サクソフォンを使用してもまだ困難な場合が多い．また，鍵盤楽器の演奏技術は稚拙であり，理論知識を反映させる以前の段階で演奏困難となる場合が多い．

演奏を試みた曲目は，枯葉とAll The Things You Areである．枯葉はコード進行が単純で，変ロ長調とト短調を交互に行き来する平易な曲である．一方のAll The Things You Areはコード進行がやや複雑で，しかも非常に頻繁に転調がある難しい曲である．通常の音高固定での鍵盤楽器を使用してこれら2曲について即興演奏を行った場合，被験者はAll The Things You Areについては途中で曲の進行に追従できなくなり，演奏が頻繁に停止してしまう．枯葉については一応弾き通すことは可能であるが，変ロ長調とト短調の変化の色を出すことができない．というのは，変ロ長調とト短調は根音が短3度違うだけで構成音が同じであるため，ずっといずれか一方の調だけで演奏を続けても，少なくとも外れることはないためである．そして被験者は全体をほぼト短調のみで演奏する傾向があり（つまりこの場合も楽曲の進行に正しく追従できていない），曲調の本来の微妙な変化を表現することができない．音高固定の鍵盤楽器を使ってのこの状態は，実験開始時から現時点に至るまで，ほとんど改善されていない．

被験者は音機能固定マッピングの意味と作用，そして試作器上でのマッピングの構造について熟知している．したがって試作器を用いた場合，即興演奏の色づ

けを意図的に行うことは容易であり，いずれの曲についてもコードの色を出すことも，テンション感を出すことも自在に実現できた．また，アヴェイラブル・ノート・スケールが白鍵にマッピングされているため，被験者程度の鍵盤演奏技術によっても当初から比較的良好な演奏が可能であった．実験開始当初，被験者は音の機能の組合せに集中し，どのような組合せでどのような印象の演奏となるかを試行錯誤していた．この結果，機能の組合せによる色彩感の変化が把握できてきたため，その後はリズムや音の上行・下行，繰返しなどの音の動きを考慮した演奏をすることが可能となってきた．4カ月めの段階での演奏を録音し，自身もジャズピアノ演奏に長けるジャズ愛好者に試聴してもらったところ，その演奏は十分にビ・バップの雰囲気を持つものであるという感想を得た．また試聴者は，音高固定の通常の鍵盤楽器による被験者のジャズの演奏レベルを知っていたが，この録音演奏を聞いたときに，それが被験者による演奏であるとは分からなかった．さらに練習を重ね，バップ・フレーズと呼ばれる典型的な旋律パターンなどを取り込んでいくことにより，より高度な自分なりの表現を持った演奏を実現することは十分可能であると被験者は感じている．

5.2 考察および従来例との比較

5.2.1 初心者支援手法としての側面

5.1.1 項での試作器の説明にあたって，最も多かった質問は「音の機能の固定とはどういうことか？」というものであった．これは，従来のほとんどすべての楽器が音高固定型であり，それ以外の形態の楽器を想像しにくいことと，音が持つ「機能」という概念があまり一般的でないことの2つが主な原因と思われる．しかし，音の機能ということを理解できない方であっても，試作器を用いて演奏することは十分可能であった．

楽器の演奏インタフェースの操作の容易さについては，鍵盤楽器という楽器の構造に制約されるため，表4の設問1の結果に見られるように，演奏実験1のような短期間の使用では音高固定と音機能固定の間に有意差が現れない．しかし，設問2〜8のすべてで，音機能固定楽器の方が有意に高い評価を受けているという結果は，試作器がだれにとってもすぐに馴染める性質のものであったことを示している．特に設問4と8で特に高い評価が与えられ大きな有意差が出ていることは，従来の音高固定楽器では満たされにくかった能動的な音楽の楽しみを，音機能固定楽器によれば自分も享受できるのではないかという被験者たちの期待感を強く表しているといえる．また楽器の操作性についても，より長期にわたって使用して，基本的に白鍵だけで理論的に正しい音による演奏が可能であることを体得すれば，実験2に見られるように明瞭な差が現れる．

以上から，音機能固定楽器は，その理論的な側面の理解はともなわなくとも，初心者にとっても非常に慣れ親しみやすく扱いやすい特性を持つものということができるだろう．

5.2.2 創造性や個性を発揮する余地

初心者のための演奏支援を目的としたシステムは従来から各種提案されており，一部は実際に製品として販売されている．最も制約の強い支援を行う例としては，弾きたい楽曲のデータを入力しておけば，あとはあるボタン1つだけをその曲の旋律のリズムどおりに叩くことによって旋律を演奏できるものがある．また，たとえばカシオ計算機のキーボード CTK-620L などでは，楽曲データを与えると，それに基づき各鍵盤に装備された発光ダイオードが順次点灯し，点灯した鍵を順に演奏することによってその楽曲のメロディを正しく演奏できるようにしている[7]．このようなシステムは，単純な遊び用，あるいは鍵盤操作のごく基本的なトレーニング用としては有効であると思われるが，きわめて制約が強い支援形態であるため，演奏者が創造性を発揮する余地がまったく残されていない．

これらよりはゆるやかな支援を行うものとして，次のような例がある．PG Music 社の自動伴奏ソフト Band-in-a-Box の付属機能である即興演奏支援機能では，コンピュータのキーボードにつねに各時点でのコード音のみをマッピングしている[8]．カシオ計算機のキーボード CT-647 のアドリブミュージシャン機能では，入力された楽曲のコード進行に応じてアヴェイラブル・ノート・スケールを求め，そのスケールの音を通常のキーボードの鍵盤の上にマッピングしている[9]．また，リンツ大学で研究が進められている WorldBeat システム[10]では，演奏楽曲をブルースに限定し，赤外線バトンを用いた仮想シロフォン上に，曲のコード進行に応じたブルース・スケールをマッピングしている．

これらの例のうち，特に CT-647 と WorldBeat は我々のプロトタイプと非常に類似しているが，演奏インタフェース上への音のマッピングの方法が異なる．CT-647 では，本来の音高固定状態での鍵盤での音の配置にできるだけ近い配置になるようなマッピングを行っている．たとえば G mixolydian スケールの場合は，ドの鍵に B，レの鍵に D，…，ソの鍵に G，…という配置となる．WorldBeat の場合は，実体のない不可視な演奏インタフェースである仮想シロフォンに対してマッピングが行われるため，どこにどのような音があるかを演奏者は知ることができない．

これらのシステムを用いれば，本項の最初にあげた2つの従来例よりははるかに自由な演奏が可能となる．どういう弾き方をするかは演奏者の自由であり，しかもどの鍵を弾いても理論的には外さないという点では我々が提案している音機能固定楽器と同じである．

しかしその先に1歩進んで，演奏者の意図を演奏に反映させようとすると問題が生じる．この理由は，これらの従来例のマッピングが音高固定にも音機能固定にもなっていないため，利用者にとって目に見える固定的な基準がなんら存在せず，つねにすべての属性が鍵盤上を浮動していることにある．この結果，自分の演奏意図に基づき必要な音高の音を使おうとしても，その音が現在どこにあるのかが曖昧にしか分からないし，一方で，必要な機能の音がどこにあるのかも分からないため，自分の意図に基づいて音を組み立てて旋律づくりをすることができない．

偶然性の芸術というような特殊な場合を除き，一般になんらかの部品を組み上げて1つの作品を作り上げる創作活動においては，個々の部品について，少なくともある1つの側面からのそれらの性質や意味を制作者は分かっていなければならない．曖昧にしか性質が分からない部品のみを用いて，制作者がその意図を反映した作品を組み上げることは不可能であるし，なんとか組み上げても，それは当然統一感がなく，本来の意図が十分に反映できていない作品となるだろう．

つまり，創造性の支援を行うこのようなシステム（あるいはさらに一般的に，創作活動に用いられるツール）では，その提供する部品のある側面からの性質や機能を利用者が容易に一覧可能で，かつ必要に応じて必要な部品に随時アクセス可能とすることが肝要である．本論文で提案した音機能固定マッピングは，個々の音という音楽制作のための部品について，音高とは異なった側面からの音の性質，すなわち「音の機能」を一覧可能でかつ随時アクセス可能なように配置する手法である．本論文で示した試作器では，4.2.4 項で示した形で，どの機能の音がどこにあるかを常時容易かつ明確に把握できる．したがって，演奏者はこの手法に基づく楽器を用いることによって，楽曲の各時点における音の機能の判断に関する支援をシステムから受けつつ，同時に自分の意図に沿って求める部品を組み立てて自分の意図を反映させた演奏をすることが可能となるのである．

5.1.2 項に示した実験において，被験者である西本は本手法が持つこの特長を明瞭に実感し，現実にそれを利用して自分なりの演奏を組み立てることができ始めている．

5.2.3 問題点と対策

実験などを通して指摘された，試作器における問題点は以下のとおりである．

(1) スケールの切替えによって，ある同一ポジションから出力される音の音高が大きく変化する場合に演奏がぎこちなくなる．

(2) コードの変わり目でスケールが切り替わるため，ディレイド・リゾルブ（実際のコードの変わり目より数拍遅れて本来のスケールに移動すること）や，逆に次のスケールを数拍早く使用し始めることなどができない．

(3) ビ・バップには，演奏をバップらしくする決まり文句ともいうべきパターン化されたフレーズがあり，これを演奏可能にする必要がある．

(4) ジャズの演奏をマスターする喜びが大幅にスポイルされる気がする．

第1の問題点については，鍵盤楽器という演奏インタフェースが演奏者に与える先入観の影響が大きいと思われる．これについては，音高が直線的に配置されているような直観的印象を与えない専用インタフェースの開発により解決可能であろう．第2についてはペダルなどの手段で指示することにより，演奏中の実際のコード進行に対して先行あるいは遅延してスケール切替えを行えるようにすることで対処可能である．第3については，バップ・フレーズの音の動きを，音の機能の動きによって書き直したバップ・フレーズ集を作ることで対処可能である．これは音機能固定楽器の教則課程を作成し提供することにつながる．さらに，音機能固定楽器ならではの特徴的なフレーズが新たに創造される可能性もあるだろう．第4の指摘は，音高固定楽器では，あるバップ・フレーズを12のキーすべてで演奏できるようになるような地道な努力が必要であり，しかもその努力がジャズ習得の喜びであるとする指摘である．しかし，このことは音楽の創造的自己表現とは直接には関係がない，楽器の操作技術レベルの問題である．音機能固定楽器では，あるバップ・フレーズを習得するには1種類の演奏方法だけを習得すればよく，その分より多くの種類のバップ・フレーズの習得に時間をかけることが可能となる．この結果，より多彩な演奏を実現することができるようになるので，音機能固定楽器がジャズを演奏する喜びをスポイルすることはないと筆者らは考えている．

6. おわりに

以上，演奏インタフェース上の各ポジションに音の機能を固定的に割り付ける，音機能固定楽器の実現方

法について説明し，さらにジャズの演奏を主な対象とした音機能固定楽器の実装について述べた．試作器を用いて試奏実験を行った結果，音機能固定楽器は初心者にも馴染みやすく，能動的な音楽との接し方を可能とするものであることが分かった．さらに，この手法に基づく楽器では，従来の演奏支援手法による楽器ではほぼ不可能であった，演奏への演奏者の演奏意図の反映も可能となった．本論文では演奏対象をジャズに特定したが，楽曲の理論的解析に基づく音の機能判断アルゴリズムを入れ替えることによって，他のジャンルの音楽に対しても本手法は適用可能である．

芸術的創造活動を支援するシステムないしツールでは，提供する部品の性質なり機能なりを制作者が容易に一覧可能でかつ必要に応じて必要な部品に随時アクセス可能とすることが肝要である．音機能固定マッピングは，音という音楽創作のための部品を，その情動的影響を与える作用，すなわち機能という側面から一覧可能とし，かつ必要な機能を持つ部品に容易にアクセス可能とする手法である．また音機能固定マッピングは，ある演奏ポジションに対し動作指令を与えるとそのポジション固有の機能が動作するという意味で，楽器の演奏インタフェースに感性的オブジェクト指向の概念を取り込んだ，新たなパラダイムと見ることができるだろう．

このパラダイムは，音楽以外のメディアに対しても応用可能であると考えられる．たとえば，絵画において，赤という色は，その使われる絵画的環境に応じて，「情熱の赤」や「暖かみのある赤」などの異なる情動的影響を及ぼす機能を持つ．そこで，絵画的環境を解析分類し，各環境における個々の絵画部品（色など）が持つ機能を判断することができれば，絵画における機能固定マッピング型のツールないしシステムを実現できる．これを用いれば，絵画の初心者であっても，自分の意図表現に必要な機能を持つ部品を取り出し組み合わせることによって，一定水準以上の表現力を持つ絵画を創作することが可能となろう．

このように機能固定パラダイムは，複雑な理論知識や高度な操作技術を介さず，基本的に感性に基づく判断と比較的容易な操作のみによって創作者の意図表現を可能にするものといえる．さらに，その新たなパラダイムの下で，従来のシステムやツールでは創り出しにくかったような作品が産み出される可能性があり，そのような可能性を真剣に追求する，機能固定型システムないしツールを用いた創作のプロの出現もありうるだろう．この意味で，音機能固定楽器は，単なる初心者向けの支援機能が付加された従来楽器というレベルにとどまるものではないと，筆者らは考えている．

音機能固定楽器は様々な場面で効果的に利用できる．近年，マルチメディア技術の進歩にともない，映像と音楽とを同時に実時間的に生成するようなマルチメディアアート製作装置が各種提案されている．たとえば，Brush de Samba[11]やDirectIVE[12]などが提案されており，これらでは制作者の身振りに応じて音楽と映像とが同時に生成される．マルチメディアアート生成装置では，複数のメディアを同時に操作する必要上，個々のメディアの操作のための制作者の認知負荷を下げることが不可欠であり，このためこれらのシステムはいずれも音楽演奏支援手段を組み込んでいる．しかし，これらの例における音楽演奏支援手段は，やはり従来の音楽演奏支援システム同様，目に見える固定的基準を与えていない．この結果，生成される音楽に演奏者の演奏意図が反映できず，音楽の質として低いものしか生成することができない．一方，音機能固定楽器は，これらの音楽演奏支援手法と同程度に低い認知負荷しか要求せず，かつ上記のとおり創造的な意図表現を実現することができるため，これを用いることにより，より高度なマルチメディアアート生成が可能となるだろう．そこで，我々はすでに音機能固定楽器を組み込んだ，音と映像による実時間マルチメディアアート制作システムMusiKalscopeを開発し，試用実験を行っている[13]．このほか，音機能固定楽器は，音の「機能」という，音楽の理論的側面の体験を容易とするので，音楽教育などにも応用が可能である．また，まずコード進行を先に作るタイプの作曲支援にも効果的であろう．

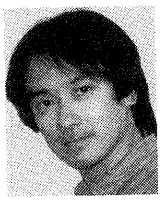
謝辞 本研究の機会を与えてくださった（株）ATR知能映像通信研究所の酒井保良会長に感謝いたします．また，いつも有益な議論に参加してくださる第2研究室のメンバーに感謝いたします．

参考文献

1) 堀内靖雄，藤井 敦，田中穂積：複数の人間と協調する演奏システム，コンピュータソフトウェア，Vol.12, No.5, pp.63–71 (1995).
2) 日高伊佐夫，後藤真孝，村岡洋一：ジャズの独奏の変化に対応する自動伴奏システム，情報処理学会研究報告，SIGMUS, Vol.9, No.2, pp.7–12 (1995).
3) 金森 務，片寄晴弘，新美康永，平井 宏，井口征士：ジャズセッションシステムのための音楽認識処理の一実現法，情報処理学会論文誌，Vol.36, No.1, pp.139–152 (1995).
4) 淺香 淳（編）：音楽中辞典，音楽之友社 (1994).
5) 渡辺貞夫：*Jazz Study*，日音楽譜出版 (1970).

6) 後藤真孝，平田圭二：ハービー君：演繹オブジェクト指向に基づいてジャズらしいコードにリハーモナイズするシステム，情報処理学会研究報告，SIGMUS, Vol.16, No.6, pp.33–38 (1996).
7) カシオ計算機：カシオキーボード CTK-620L 取扱説明書.
8) カメオインタラクティブ：Band-in-a-Box 6.0 for Macintosh 日本語版ユーザーズマニュアル (1996).
9) カシオ計算機：Casiotone CT-647 取扱説明書.
10) Borchers, J. and Muhlhaser, M.: Musical Design Patterns: An Example of a Human-Centered Model of Interactive Multimedia, *Proc. International Conference on Multimedia Computing and Systems*, pp.63–70, IEEE (1997).
11) Kotani, A. and Maes, P.: An Environment For Musical Collaboration Between Agents and Users, *Proc. Lifelike Computer Characters '95*, p.54 (1995).
12) Sparacino, F.: Choreographing media for interactive virtual environments, Master's Thesis, Media Arts and Sciences, M.I.T. (1996).
13) Fels, S., Nishimoto, K. and Mase, K.: Musikalscope: A Graphical Musical Instrument, *Proc. International Conference on Multimedia Computing and Systems*, pp.55–62 (1996).

(平成9年 6 月30日受付)
(平成9年12月 1 日採録)

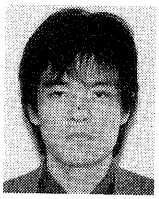


西本 一志（正会員）

1987年京都大学工学部工学研究科機械工学専攻修士課程修了．同年松下電器産業（株）入社，OSI通信ソフトウェアの研究開発に従事．1992年より（株）ATR通信システム研究所に出向．現在（株）ATR知能映像通信研究所第二研究室客員研究員．エージェントによる人の創造的活動の支援の研究に従事．人工知能学会，言語処理学会各会員．

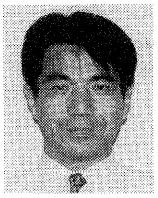
渡邊 洋

1992年同志社大学文学部文学研究科博士課程前期修了．文学修士（心理学）．1997年奈良先端科学技術大学院大学博士課程後期修了．工学博士．同年通産省工業技術院大阪工業技術研究所に入所．人間の3次元空間認知能力，表情解析の研究等に従事．日本心理学会，日本認知科学会，米視覚学会（ARVO）各会員．



馬田 一郎

1993年大阪外国語大学外国語研究科英語学専攻修士課程修了．1995年より，神戸大学文化学研究科文化構造専攻博士課程後期に在籍．現在主に言語の意味論の研究に従事．



間瀬 健二（正会員）

1979年名古屋大学工学部電気工学科卒業．1981年同大大学院修士（情報）課程修了．同年日本電信電話公社（現在NTT）入社．1988～1989年米国MITメディア研究所客員研究員．1995年より（株）ATR知能映像通信研究所第二研究室長．工学博士．コンピュータグラフィックス，画像処理とそのヒューマンインタフェース，コミュニケーション支援への応用が主な研究テーマ．訳書「ロボットビジョン」（朝倉書店，共訳）．IEEE，ACM，電子情報通信学会各会員．

中津 良平（正会員）

1969年京都大学工学部電子工学科卒業，1971年同大大学院修士課程修了．同年日本電信電話公社（現NTT）武蔵野電気通信研究所入所．1980年横須賀電気通信研究所．主として音声認識の基礎研究，応用研究に従事．1990年NTT基礎研究所研究企画部長，1991年NTT基礎研究所情報科学研究部長．1994年よりATRに移り，現在（株）ATR知能映像通信研究所代表取締役社長．マルチメディア要素技術の研究およびマルチメディア技術を応用した通信方式の研究などに従事．工学博士（京大）．1978年度学術奨励賞．1996年IMS'96最優秀論文賞．IEEE，電子情報通信学会，日本音響学会，人工知能学会，情報考古学会，日本バーチャルリアリティ学会各会員．